

Semaine 6 : La gestion de l'incertain dans les systèmes à base de connaissances

Systèmes à base de règles :

Référence : [Managing Uncertainty in Rule-Based Systems](#)

Types d'incertitude : - Définition de l'antécédent de la règle - Niveau de confiance en la règle - Comment combiner les informations incertaines et le déclenchement de plusieurs règles

Méthodes pour gérer l'incertitude : - Basées sur les probabilités - Objectives - Valeurs bien définies pour un problème donné - Jeux de hasard - Expérimentales - Obtenues par échantillonnage - Développer des tables de probabilités pour les assurances - Subjectives - Basées sur une opinion d'un expert - Basées sur des heuristiques - Approche préférée pour les systèmes à base de règles - Nature inexacte des données - Facteurs de certitudes : développés en premier pour MYCIN - Logique floue : Zadeh (1965) - mots avec une signification ambiguë

Systèmes à base de règles floues

Une règle est formée de variables linguistiques et de valeurs linguistiques. Les valeurs linguistiques sont associées à un ensemble flou. Un ensemble flou est caractérisé par une fonction d'appartenance prenant une valeur entre 0 et 1 pour chacune des valeurs numériques de la variable. Un ensemble flou peut aussi être discret.

- Pour les nouvelles valeurs de la variable qui ne sont pas définies dans l'ensemble discret :
 - Interpolation
 - Réseaux de neurones

Inférence en quatre étapes :

- Calcul des degrés d'appartenance
- Inférence par les règles :
 - Union : Degré d'appartenance maximum pour toutes les conditions
 - Intersection : Degré d'appartenance minimum pour toutes les conditions
 - Couper la fonction d'appartenance à la hauteur spécifiée par la condition de l'antécédent.
- Composition des règles
- Convertir l'ensemble flou en degrés de confiance
 - Prendre la valeur maximum des règles
 - Calculer le centre de gravité

Approche probabiliste

Théorème de Bayes :

$$P(H | E) = \frac{P(E | H) P(H)}{P(E | H)P(H) + P(E | \neg H)P(\neg H)}.$$

- Utilisé en premier dans le système expert PROSPECTOR
- Approche mathématiquement correcte
- Combinaison possible de plusieurs évidences. On peut simplifier les calculs en supposant l'hypothèse que les évidences sont conditionnellement indépendantes

Ratios de vraisemblance

- Vraisemblance de la suffisance (tend vers 1 signifie que E est suffisant pour affirmer H) : $LS = \frac{P(E|H)}{P(E|\neg H)}$
- Vraisemblance de la nécessité (tend vers 0 signifie que E est nécessaire pour affirmer H) : $LN = \frac{P(\neg E|H)}{P(\neg E|\neg H)}$

On peut utiliser ces ratios et le théorème de Bayes pour exprimer les deux règles suivantes :

$$P(H | E) = \frac{LS \times O(H)}{1 + LS \times O(H)}$$

$$P(H | \neg E) = \frac{LN \times O(H)}{1 + LN \times O(H)}$$

où

$$O(H) = \frac{P(H)}{P(\neg H)}$$

Pour utiliser dans un système à base de règles, on doit fixer une valeur de LN et de LS pour chaque évidence.

Enjeux

Problème de MYCIN : les experts n'étaient pas capables de faire sommer $P(H | E) + P(\neg H | E) = 1$

Hypothèses : Probabilités à priori, indépendance conditionnelle (approche forte ou naïve).

Besoin de beaucoup de données pour avoir un bon estimé des probabilité conditionnelles. Était un enjeu à l'époque, probablement moins aujourd'hui ce qui ramène les bases probabilistes à l'avant-plan et le machine learning avec des approches bayésiennes (Naive Bayes).

Systèmes à base de schémas probabilistes

Source : [Probabilistic frame-based systems](#)

Systèmes à base d'estimation (valuation-based system)

Source : [Prakash P. Shenoy - Valuation-Based Systems \(Slides\)](#)

Bases

Système mathématique formel pour représenter et raisonner avec des connaissances. Deux parties : - Statique : Représentation des connaissances - Variables : ensemble fini $\Phi = \{X, Y, Z, \dots\}$ et sous-ensembles r, s, t, \dots - Estimations : ensemble fini $\Psi = \{\rho, \sigma, \tau\}$ qui encodent les connaissances sur un sous-ensemble de variable. - Dynamique : Raisonnement avec les connaissances avec des opérateurs - Combinaison : $\oplus : \Psi \times \Psi \rightarrow \Psi$ - Marginalisation : $-X : \Psi \rightarrow \Psi$ permet de sortir X du domaine d'une estimation

Représentation graphique : réseau d'estimations

Abstraction de plusieurs calculs d'incertitude : - Calcul propositionnel - Théorie des probabilités - Théorie des fonctions de croyances : application au problème du Capitaine dans les slides - Calcul de croyances épistémique de Spohn - Théorie des possibilités

Problème du capitaine : Estimer le nombre de jours de retard de son bateau à destination. Plusieurs facteurs d'incertitude.

Combinaison : [Règle de Dempster](#)